

**Межрегиональная предметная олимпиада КФУ**  
**по предмету «Физика»**  
**Очный тур**  
**2015-2016 учебный год**

**9 класс**

**Возможные решения**

**Задача 1.** (20 баллов)

Длинную тонкостенную трубку радиусом 0,5 см, закрытую снизу однородной круглой пластмассовой пластиной, аккуратно, придерживая пластину, погружают в воду. Толщина пластины равна 1 см, её радиус — 2,5 см. Найти минимальную глубину  $h$  (см. рис. 1), при которой пластинка, если её отпустить, не оторвётся от трубки. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность пластмассы  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ . Вода между трубкой и пластиной не проникает.

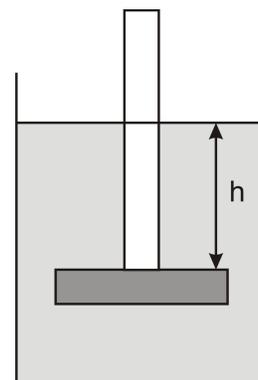


Рис. 1.

**Ответ:** 15 см.

**Решение:** Пусть  $R$  — радиус пластины,  $r$  — радиус трубки, а  $d$  — толщина пластины. Найдём выталкивающую силу  $F_A$ , действующую на пластину. Силы давления воды на верхнюю и нижнюю стороны пластины (соответственно,  $F_1$  и  $F_2$ ) равны

$$F_1 = \rho_0 g h \cdot \pi(R^2 - r^2), \quad F_2 = \rho_0 g(h + d) \cdot \pi R^2.$$

Отсюда получаем выражение для  $F_A$ :

$$F_A = F_2 - F_1 = \rho_0 g(h + d) \cdot \pi R^2 - \rho_0 g h \cdot \pi(R^2 - r^2) = \rho_0 g \cdot \pi(dR^2 + hr^2).$$

На минимальной глубине, при которой пластинка ещё не отрывается от трубки, сила тяжести, действующая на пластину равна выталкивающей силе

$$F_T = F_A \Rightarrow \rho \pi R^2 d g = \rho_0 g \cdot \pi(dR^2 + hr^2) \Rightarrow h = \frac{(\rho - \rho_0)dR^2}{\rho_0 r^2} = 15 \text{ см.}$$

**Критерии:**

Формула для силы тяжести . . . . .	2 балла
Давление снизу . . . . .	3 балла
Давление сверху . . . . .	3 балла
Сила давления снизу . . . . .	3 балла
Сила давления сверху . . . . .	3 балла
Условие равновесия . . . . .	3 балла
Формула для глубины $h$ . . . . .	2 балла
Численный ответ . . . . .	1 балл

**Задача 2.** (20 баллов)

Вокруг далёкой звезды Тау Кита вращаются по круговым орбитам две планеты —

Морж и Тюлень, причём радиус орбиты Тюленя в четыре раза больше радиуса орбиты Моржа. В некоторый момент времени наступает сизигия — звезда и обе её планеты находятся на одной прямой (Морж находится между звездой и Тюленем). Считая, что планеты движутся в одну сторону, найдите промежуток времени до следующей сизигии. Время одного оборота Моржа вокруг звезды составляет 350 земных суток.

*Примечание.* Время обращения планеты вокруг звезды пропорционально  $R^{3/2}$ , где  $R$  — радиус её орбиты (третий закон Кеплера).

**Ответ:** 400 суток.

**Решение:** Пусть  $R_1$  и  $R_2$  — радиусы орбит Моржа и Тюленя,  $T_1$  и  $T_2$  — времена обращения планет вокруг звезды,  $t$  — время между последовательными сизигиями. Так как  $R_2 = 4R_1$ , то по третьему закону Кеплера  $T_2 = 8T_1$ .

Обозначим  $\alpha$  угол, на который успел повернуться Тюлень относительно звезды за время между двумя сизигиями. Морж обращается вокруг звезды быстрее, поэтому за тоже самое время он должен успеть повернуться на угол  $360^\circ + \alpha$ , т.е. сделать один полный оборот плюс поворот на  $\alpha$ .

Поскольку  $T_2 = 8T_1$ , за одно и то же время Морж успеет повернуться на угол в 8 раз больший, чем Тюлень. Следовательно,

$$360^\circ + \alpha = 8\alpha \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{360^\circ}{7}.$$

Это значит, что за время до следующей сизигии Тюлень пройдёт  $1/7$  полного оборота вокруг звезды. Отсюда

$$t = \frac{1}{7}T_2 = \frac{8}{7}T_1 = 400 \text{ суток}.$$

**Критерии:**

Формула $T_2 = 8T_1$ . . . . .	3 балла
Условие второй сизигии . . . . .	5 баллов
Уравнение на угол поворота Тюленя . . . . .	6 баллов
Найден угол поворота Тюленя . . . . .	3 балла
Найдено время до следующей сизигии . . . . .	3 балла

**Задача 3.** (20 баллов)

Девятиклассник Петя собрал цепь, изображённую на рис. 2 (зачем он это сделал, он не сказал), и подсоединил её к источнику напряжением  $U = 40$  В. Сопротивления всех резисторов указаны на схеме. Перерисовать схему и изобразить полярность приборов, при которой они показывают положительное значение силы тока. Найти показания амперметров  $A_2$ ,  $A_3$  и сопротивление  $R$ , если амперметр  $A_1$  показывает 200 мА. Сопротивления амперметров пренебрежимо малы.

**Ответ:**  $I_2 = 0,4$  А,  $I_3 = 0,6$  А,  $R = 40$  Ом, полярность приборов изображена на рис. 3.

**Решение:** Заметим, что средний резистор в нижнем ряду закорочен с помощью амперметров  $A_2$  и  $A_3$ , и ток через него не течёт. Поэтому мы можем исключить этот резистор из рассмотрения. Так как сопротивление амперметров пренебрежимо мало, исследуемая цепь представляет собой две пары параллельных резисторов. Изобразим токи, текущие в цепи (рис. 3). Обозначим буквой  $I$  общий ток, идущий от источника.

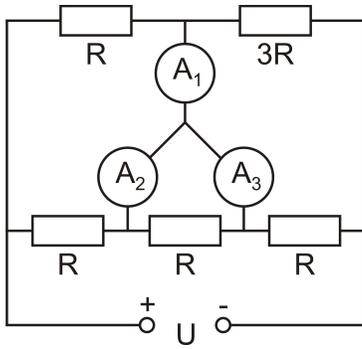


Рис. 2.

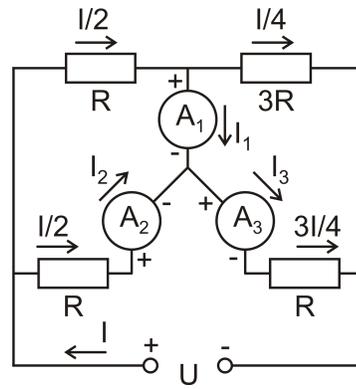


Рис. 3.

Тогда, из законов для параллельного соединения находим, что токи, проходящие через резисторы из левой пары, равны  $I/2$ , а токи, текущие через резисторы из правой пары, соответственно,  $I/4$  и  $3I/4$  (см. рис. 3). Отсюда получаем значения силы тока через каждый из амперметров:

$$I_1 = \frac{I}{4}, \quad I_2 = \frac{I}{2}, \quad I_3 = \frac{3I}{4}$$

и полярность приборов (изображена на рисунке). Так как  $I_1 = 200$  мА, то

$$I = 4I_1 = 800 \text{ мА} = 0,8 \text{ А}, \quad I_2 = \frac{I}{2} = 0,4 \text{ А}, \quad I_3 = \frac{3I}{4} = 0,6 \text{ А}.$$

Чтобы найти  $R$ , запишем общее напряжение в цепи

$$U = \frac{IR}{2} + \frac{3IR}{4} = \frac{5IR}{4}.$$

Отсюда находим, что

$$R = \frac{4U}{5I} = 40 \text{ Ом}.$$

**Критерии:**

Эквивалентная схема	5 баллов
Найдены токи через левую пару резисторов	3 баллов
Найдены токи через правую пару резисторов	3 баллов
Найдены токи $I_2, I_3$	3 балла
Указана полярность приборов	3 балла
Найдено значение $R$	3 балла

**Задача 4.** (20 баллов)

Тело, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с, до своего падения на землю прошло путь 40 м. На какой высоте первоначально находилось тело? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с<sup>2</sup>.

**Ответ:** 30 м.

**Решение:** Пусть  $H$  — высота, на которой первоначально находилось тело,  $v$  — его начальная скорость. Найдём максимальную высоту  $h$  относительно начальной точки, на которую сможет подняться брошенное тело:

$$h = \frac{v^2}{2g} = 5 \text{ м.}$$

Путь, пройденный телом до его падения на землю, составляет  $s = 2h + H = 40$  м. Отсюда  $H = s - 2h = 30$  м.

**Критерии:**

Нахождение высоты подъёма отн. начальной точки . . . . .	8 баллов
Формула $s = H + 2h$ . . . . .	6 баллов
Вычислено $H$ . . . . .	6 баллов

**Задача 5.** (20 баллов)

У Пети имеется стальной электрический чайник массой 600 г с регулятором силы тока в цепи нагревателя. Петя налил в чайник 1,5 л воды при температуре 20 °С и включил его в сеть. После выключения чайника через некоторое время  $t$  объём воды в чайнике оказался равным 1,36 л. Во второй раз Петя повторил опыт с тем же количеством воды и той же начальной температурой, что и в первом случае, но увеличив силу тока в нагревателе в 1,5 раза. Какой объём воды останется в чайнике через время  $t$ ? Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Температуры чайника и его содержимого в течение всего эксперимента совпадают. Сопротивление нагревательной спирали не меняется. Теплоёмкость стали равна 500 Дж/(кг · °С), теплоёмкость воды — 4200 Дж/(кг · °С), плотность воды — 1000 кг/м<sup>3</sup>, удельная теплота парообразования воды — 2,3 МДж/кг.

**Ответ:** 0,9 л.

**Решение:** Пусть  $N$  — мощность чайника в первом опыте. Так как во втором опыте сила тока стала больше в 1,5 раза при неизменном сопротивлении, мощность чайника в этом случае равна  $(1,5)^2 N = 2,25N$ . В своих опытах Петя нагревает чайник и воду в нём на 80 °С. Количество теплоты, необходимое для этого, равно

$$Q_1 = c_{ст} m_{ч} \cdot 80 \text{ °С} + c_{в} m_{в} \cdot 80 \text{ °С} = 528 \text{ кДж.}$$

Далее часть воды выкипает. В первом опыте испарилось 0,14 кг воды. Количество теплоты, необходимое для этого, равно

$$Q_2 = L \cdot 0,14 \text{ кг} = 2,3 \text{ МДж/кг} \cdot 0,14 \text{ кг} = 322 \text{ кДж.}$$

Таким образом, получаем, что

$$Nt = Q_1 + Q_2 = 850 \text{ кДж}, \quad 2,25Nt = 1912,5 \text{ кДж.}$$

Это значит, что во втором эксперименте на выкипание воды ушло  $Q_3 = 2,25Nt - Q_1 = 1384,5$  кДж. Найдём количество испарившейся воды

$$m_{п} = \frac{Q_3}{L} = \frac{1384,5 \text{ кДж}}{2,3 \text{ МДж/кг}} \approx 0,6 \text{ кг.}$$

Следовательно, в конце второго опыта в чайнике осталось  $1,5 \text{ кг} - 0,6 \text{ кг} = 0,9 \text{ кг}$  воды, объём которой равен 0,9 л.

**Критерии:**

Найдено $Q_1$ . . . . .	2 балла
Найдено $Nt = Q_1 + Q_2$ . . . . .	3 балла
Найдено, что мощность во втором опыте $2,25Nt$ . . . . .	5 баллов
Записано выражение для теплоты во втором опыте . . . . .	5 баллов
Найдено объём воды, оставшейся в чайнике . . . . .	5 баллов

Максимально возможный балл в 9 классе . . . . . 100